

Height estimation for high-rise buildings from TerraSAR-X interferometric images

○リュウ・ウェン<sup>1</sup>・鈴木賢太郎<sup>2</sup>・山崎文雄<sup>1</sup>・笹川正<sup>3</sup>  
Wen Liu, Kentaro Suzuki, Fumio Yamazaki and Tadashi Sasagawa

**Abstract :** In the previous study, two methods were proposed to estimate the heights of low- and high-rise buildings, respectively. The proposed methods were tested on two TerraSAR-X (TSX) images and obtained reasonable results. In this study, the height estimation for high-rise buildings was improved by combining two methods using both the amplitude and phase information. The method was applied to two TSX InSAR pairs of Tokyo taken by different incident angles. The relationship between the accuracy and incident angles was discussed by comparing the results from the two pairs.

**Keywords :** TerraSAR-X, building outline, layover, InSAR analysis

1. はじめに

近年センサ技術の発展により、高解像度の光学画像と合成開口レーダ(SAR)画像が得られるようになり、これらを用いた1棟単位での建物高さの推定が可能になった。著者らはアメリカ・サンフランシスコを撮影した高解像度の TerraSAR-X (TSX)画像から、低層建物と高層建物を対象とした高さ推定手法をそれぞれ提案した。低層建物に対しては壁からの強い反射を利用し、1シーンの強度画像から後方散乱係数の高いエリアを建物の倒れ込み範囲として抽出し、高さの推定を行った<sup>1)</sup>。高層建物については壁の反射が弱いため、安定した干渉位相に注目し、隣接するピクセルの位相差と干渉縞の長さを用いて倒れ込み範囲の抽出を行った<sup>2)</sup>。

本研究では、東京中心部を異なる観測角で撮影した2ペアのTSX画像に、高層建物の推定手法を適用し、手法の有効性を検証した。さらに、低層建物の高さ推定に用いた後方散乱強度を高層建物の推定に加えて、手法の改善を行った。また、航空画像のステレオペアから作成されたDSMデータを用いて、推定結果の精度を評価した。

2. 画像データと前処理

本研究では、Fig. 1に示す高層建物が密集する月島にある4棟の建物を対象とする。2008年2月14日と3月7日、2010年2月3日と14日にHighSpotモード撮影した4枚のTSX SSC画像を用いた。4枚の画像がともに下降軌道からHH偏波で撮影されたものである。詳細の撮影条件をTable 1に示す。2008年と2010年、2つのペアでそれぞれ干渉処理を行い、Fig. 2(a)に示す干渉結果が得られた。高解像度を維持するため、アジマスとレンジの圧縮はともに1ルックで行った。撮影期間が短かつ軌道間距離が近いいため、干渉性の高い画像が得られた。複素数であ

る干渉画像から強度画像と位相画像を分離し、位相画像をFig. 2(c)に示す。強度画像を用いて、輝度補正とノイズ除去を行った結果をFig. 3(c)に示す。

建物の輪郭データは国土地理院の基盤地図からダウンロードされものを使用した。対象となる4棟の建物輪郭をスラントレンジに変換し、Fig. 2(b-c)に示す。検証データとして、2010年撮影の航空ステレオペアから作成された0.5m解像度のDSMデータを用いた。この垂直方向の精度は1m以下である。

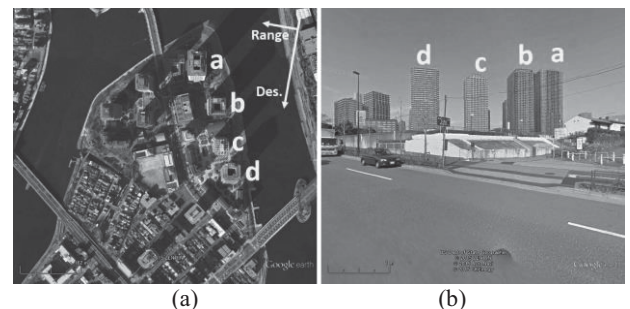


Fig.1 Optical image (a) and the street photo (b) of four target buildings in Tsukishima, which are cited from Google Earth.

Table 1. The acquisition conditions of the four TSX images used in this study.

Date	2008		2010	
	02/14	03/07	02/03	02/14
Incident angle[°]	42.2		25.7	
Heading angle [°]	189.6		190.6	
Slant range resolution (RxA) [m]	0.91x0.87		0.91x0.86	
Baseline distance [m]	151.1		86.0	
One cycle height [m]	46.3		44.0	
Phase gradient [rad/pixel]	0.17		0.14	
One cycle length [pixel]	38		44	

3. 建物高さの推定と検討

まず、既往の研究で提案した高さ推定の手法を適用し、位相情報のみで倒れ込み範囲の抽出を行った。Table 1に示す撮影条件から、2008年の干渉ペアでは倒れ込み範囲内における位相差の理論値が0.17rad/pixel、干渉縞の長さが38pixelである。一方、観測角が小さい2010年のペアでは、位相差の理論値が0.14rad、干渉縞の長さが44pixelである。本研究では位相差が理論値の±0.1rad以内であれば、倒

<sup>1</sup>正会員 千葉大学大学院工学研究科  
<sup>2</sup>非会員 千葉大学大学院工学研究科  
<sup>3</sup>非会員 株式会社バスコ  
(所在地 〒1263-8522 千葉県千葉市稲毛区弥生町1-33)  
(連絡先 Tel:043-290-3528; E-mail:wen.liu@chiba-u.jp)

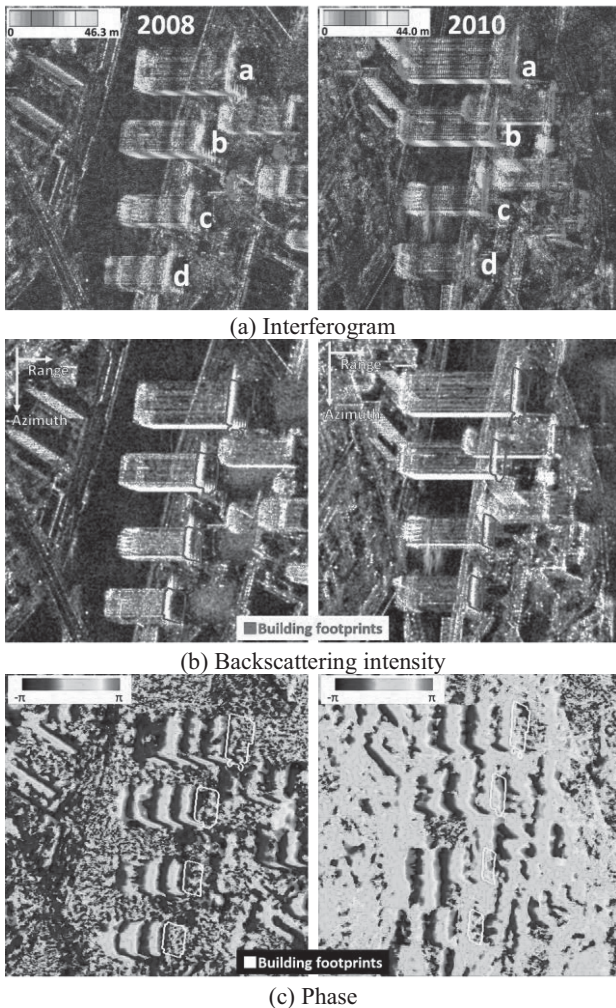
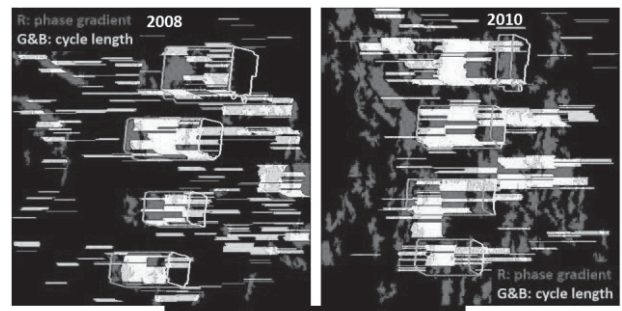


Fig.2 Interferogram obtained by the InSAR analysis (a); the backscattering coefficient images ( $\sigma^0$ ) calculated from the amplitude images (b) and the phase images (b), with the building footprints. (left: 2008; right: 2010)

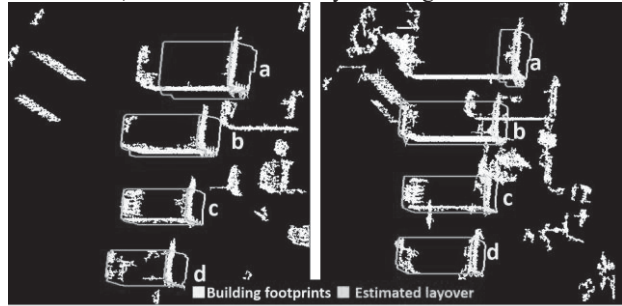
れ込み範囲として抽出した。また、干渉縞長さが理論値の $\pm 25\%$ 以内であれば、安定した干渉縞として抽出した。2008年と2010年の干渉ペアの位相情報から抽出された倒れ込み範囲を Fig. 3 に示す。位相差を用いた抽出結果を赤バンド、干渉縞長さの抽出結果を緑・青バンド（シアン）で表示した。2010年のペアでは、観測角が小さいため、倒れ込み範囲内・外における位相差の違いが小さく、抽出結果に含まれるノイズが多い。建物輪郭を1ピクセル毎に衛星方向へ移動し、作成した検索テンプレートに含まれる倒れ込み範囲の割合を求めた。これが40%以下になれば移動を停止し、移動した距離を倒れ込み長さとする。位相情報のみで推定された建物高さを Fig. 3 と Table 2 に示す。建物 a の位相が不連続のため、抽出された倒れ込みの一部しか識別されなかった。また、壁と屋根の倒れ込みが重なる部分では位相が乱れるため、過小評価の推定傾向が見られた。

そこで、低層建物の高さ推定に用いた後方散乱係数による倒れ込み範囲の抽出を行い、Fig. 4 に示す。



(a) 2008 (b) 2010

Fig.3 Extracted potential layover areas using only the phase information, with the estimated layover length.



(a) 2008 (b) 2010

Fig.4 Extracted potential layover areas using only the backscattering intensity images, with the estimated layover length using the improved method.

Table 2. Comparison of the estimated results and the reference heights from the DSM [m].

		a	b	c	d	RSME
	DSM	170.55	135.18	117.85	109.6	
Phase	2008	125.46	137.76	82.41	107.01	20.72
	2010	22.22	112.11	116.15	81.81	
Phase and intensity	2008	125.46	137.76	116.85	107.01	3.48
	2010	22.22	140.39	123.22	111.1	

高層建物では壁の反射が弱いいため、後方散乱係数のみからでは高さの推定が困難である。Fig. 4 に示す抽出された倒れ込み範囲を Fig. 3 の抽出部分に加えて、高さの推定を行った。その結果を Fig. 4 と Table 2 に示す。反射強度を加えることで、屋根の倒れ込み範囲が識別され、より高い精度の推定結果が得られた。建物 a を除く推定結果における RMS 誤差は 3.5m である。また、観測角が大きい 2008 年のペアは 2010 年のペアより高精度の結果が得られた。

## 5. まとめ

本研究では、東京月島を撮影した 2 ペアの TSX 画像から、4 棟の高層建物の高さを推定した。強度と位相を両方使用することで、推定手法の改善を行った。また、観測角による精度の影響を検討した。

### 【参考文献】

- 1) リュウ・ウェン, 山崎文雄: 単独シーンの高解像度 SAR 画像を用いた低層建物の高さ推定, 日本リモートセンシング学会第 57 回学術講演会論文集, pp. 95-96, 2014.11
- 2) 鈴木賢太郎, リュウ・ウェン, 山崎文雄: 高解像度干渉 SAR 画像と GIS データを用いた高層建物の高さ抽出, 日本リモートセンシング学会第 57 回学術講演会論文集, pp. 17-21, 2014.11